

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**ONKO AFGANISTANISSA PALVELEVAN  
KRIISINHALLINTAJOUKON HENKILÖKOHTAINEN SUOJA  
RIITTÄVÄ?**

EUK:n tutkielma

Kapteeni

Timo Haapamäki

Esiupseerikurssi 63

Maasotalinja

Huhtikuu 2011

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

<b>Kurssi</b> Esiupseerikurssi 63	<b>Linja</b> Maasotalinja
<b>Tekijä</b> Kapteeni <u>Timo</u> Tuomas HAAPAMÄKI	
<b>Tutkielman nimi</b> <b>ONKO AFGANISTANISSA PALVELEVAN KRIISINHALLINTAJOUKON HENKILÖKOHTAINEN SUOJA RIITTÄVÄ?</b>	
<b>Oppiaine johon työ liittyy</b> Sotatekniikka	<b>Säilytyspaikka</b> Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
<b>Aika</b> Huhtikuu 2011	<b>Tekstisivuja 22      Liitesivuja 2</b>
<b>TIIVISTELMÄ</b>  <p>Tavanomaisten rauhanturvaoperaatioiden muututtua kriisinhallintaoperaatioiksi, usein asymmetristä sodankäyntiä käyvässä valtiossa, sekä sotilaan henkilökohtaisen että ajoneuvojen suojan tarve on noussut merkittävästi. Tällaisen muuttuneen sodankuvan myötä suojavarusteiden kehitys on lähtenyt merkittävän nousuun ja esimerkiksi suomalaisten kriisinhallintajoukkojen varusteita Afganistanissa on kehitetty merkittävästi ISAF-operaation alkuun verrattuna Taistelija 2015 -hankeen ja siihen liittyvien suojajärjestelmien integroimisen ansiosta.</p> <p>Afganistanissa meneillään olevassa operaatiossa on kuolemaan johtaneista tappiosta noin 42,2 prosenttia tuotettu improvisoiduilla räjähteillä (IED) ja vain 19,6 – 26,7 prosenttia luotien vaikutuksesta. Tämä on asettanut kriisinhallinnan Afganistanissa uusien vaatimusten eteen.</p> <p>Ammusten vaikutus pehmeisiin maaleihin perustuu lähinnä sirpaleisiin, luoteihin ja paineeseen. Kuolemaan johtavat vammat sijaitsevat yleisesti pään, rintakehän ja vatsan alueilla. Sotilaan, joka on varustettu luotisuojaliiveillä ja kypärällä, haavoittuva pinta-ala asevaikutukselle koostuu näiden sekä raajojen yhteenlasketusta pinta-alasta.</p> <p>Ajoneuvoon kohdistuva paineisku altistaa ajoneuvossa olevan henkilöstön paineen lisäksi täryvaikutukselle, jolloin iskun energia välittyy ajoneuvon rakenteita pitkin suoraan</p>	

ajoneuvon henkilöstöön tai heidän suojavaarustukseen, kun taas taistelijan ballistisen suojaliivin läpäisyyn tarvitaan vähintään 80 Joulen liike-energia, mutta ihmisen ihon läpäisyyn tarvitaan ainoastaan 10 Joulen liike-energia. Näiden tietojen valossa kehitystyötä ballististen suojavaarusteiden kehittämiseksi tehdään joka hetki.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on antaa vastaus Afganistanissa ISAF (International Security Assistance Force) -operaatiossa palvelevan suomalaisen kriisinhallintajoukon suojavaarusteiden kehittymisestä sekä nykyisellään kriisinhallintajoukkojen käytössä olevien tai lähitulevaisuudessa henkilökohtaiseen käyttöön suunnitelluista suojavaarusteista sekä niiden välisistä merkittävimmistä eroista. Samalla pyritään antamaan vastaus edellä mainittujen varusteiden toimivuudesta Afganistanin kaltaisella toimintakentällä ja vastaus kysymykseen onko Afganistanissa palvelevalla kriisinhallintajoukolla riittävät henkilökohtaiset suojavaarusteet.

Tutkimuksen tärkeimmät lähteet ovat erilaiset puolustusvoimien laitosten ja siviiliyritysten sekä yksityisten henkilöiden laatimat tutkimusraportit ballistisista suojavaarusteista, joita on täydennetty Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunnan asiantuntijoiden lausunnoilla.

#### **AVAINSANAT**

Kriisinhallinta, suojaliivi, kypärä, ballistiset suojavaarusteet, ajoneuvot, taistelija 2015

# ONKO AFGANISTANISSA PALVELEVAN KRIISINHALLINTAJOUKON HENKILÖKOHTAINEN SUOJA RIITTÄVÄ?

## TUTKIELMAN SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO.....</b>	<b>1</b>
1.1	Aiheen esittely.....	1
1.2	Tutkimuskysymykset ja aiheen rajausta .....	2
1.3	Tutkimusmenetelmä.....	3
<b>2</b>	<b>AFGANISTANIN ASYMMETRISEN SODANKÄYNNIN YLEISIMMÄT ASEVAIKUTUKSET KRIISINHALLINTAJOUKON SOTILAALLE.....</b>	<b>4</b>
2.1	Asevaikutuksen laskentamalli.....	4
2.2	Sirpaleiden vaikutus .....	6
2.3	Luotien vaikutus.....	8
2.4	Paine-, impulssimelu- ja täryvaikutus .....	10
<b>3</b>	<b>SUOMALAISELLA KRIISINHALLINTAJOUKOLLA KÄYTÖSSÄ OLEVAT HENKILÖKOHTAISTA SUOJAA ANTAVAT VARUSTEET .....</b>	<b>11</b>
3.1	Johdanto .....	11
3.2	Luotisuojaliivit .....	12
3.2.1	Luotisuojaliivi m/05 .....	13
3.3	Kypärä .....	14
3.3.1	Kypärä m/05 .....	15
3.4	Panssaroitujen ajoneuvojen vaikutus henkilökohtaiseen suojaan .....	16
<b>4</b>	<b>AFGANISTANISSA PALVELEVAN HENKILÖSTÖN HENKILÖKOHTAISTEN SUOJAJÄRJESTELMIEN KEHITTYMINEN .....</b>	<b>17</b>
4.1	Henkilökohtaiset suojavarusteet .....	17
4.2	Luotisuojaliivi m/2010 .....	17
4.3	Kypärä m/2010 .....	19
4.4	Ajoneuvojen ballistisen suojauksen kehittäminen Afganistanissa.....	20
<b>5</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>21</b>
5.1	Henkilökohtaiset suojavarusteet .....	21
5.2	Ajoneuvojen suojajärjestelmät .....	22

# ONKO AFGANISTANISSA PALVELEVAN KRIISINHALLINTAJOUKON HENKILÖKOHTAINEN SUOJA RIITTÄVÄ?

## 1 JOHDANTO

”Suomalainen rauhanturvaaja menehtyi Afganistanin Maimanassa tehdyn pommi-iskun seurauksena tänä aamuna” [8], ”Suomalainen sotilas kuoli pommi-iskussa Afganistanissa” [7]

### 1.1 Aiheen esittely

Nykyaikaisen sodan kuva on muuttunut merkittävästi perinteiseen sodan kuvaan verraten. Nykyisellään käynnissä olevissa asymmetrisissä sodissa, kuten Afganistanissa ja Irakissa, selvästi alivoimainen vastustaja siirtyy helposti improvisoituun sodankäyntiin ymmärtäessään, ettei voi pärjätä määrällisesti ja teknologisesti parempaa vastustajaa vastaan. Mukana olo tällaisessa sodassa tai konfliktissa edellyttää painopisteen luomista sekä joukon koulutukselle että erityisesti sen varusteille.

Viimeisten vuosikymmenten aikana myös aseteknologia on harpannut isoja askelia eteenpäin. Nykyaikaisella taistelukentällä käytössä olevat aseet ja räjähteet asettavat uusia vaatimuksia sekä ihmisten että ajoneuvojen suojamateriaaleille. Vaikka aseteknologia, erityisesti pienikaliiperisten aseiden osalta, on kehittynytkin huomasti viime vuosien aikana, perustuu lähes kaikkien olemassa olevien aseiden vaikutus kohteessa edelleen siihen kohdistuvaan eriasteisia vaurioita aiheuttavaan kineettiseen energiaan. Tämän kaltainen aseteknologian kehittyminen asettaa näin ollen suuria vaatimuksia myös asevaikutukselta suojautumiselle erityisesti henkilökohtaisella tasolla.

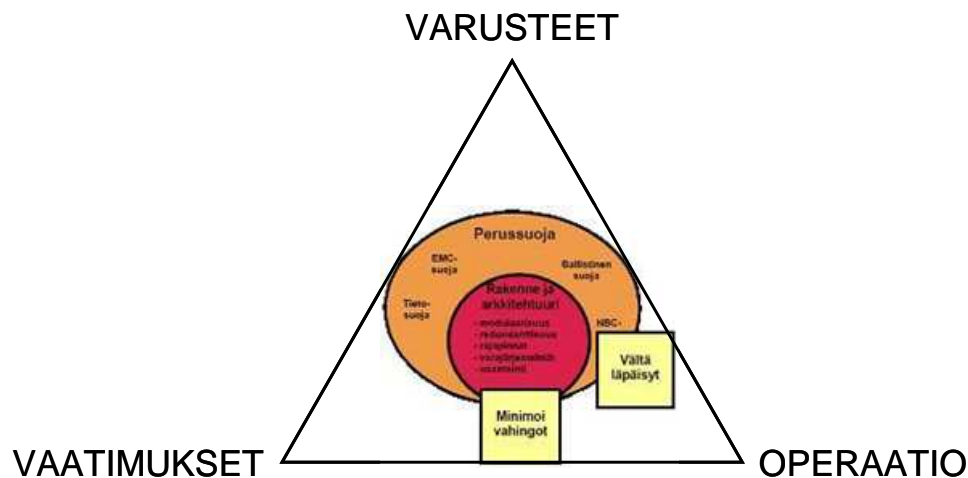
Kaikista asevaikutustekijöistä suurin taistelukentällä tappioita aiheuttava tekijä on kuitenkin ammusten sirpaleista aiheutuneet vammat, joka käy ilmi Yhdysvalloissa kerätystä aineistosta II maailmansodasta, Korean sodasta sekä Persianlahden sodista. Aineiston mukaan lähes 85% aiheutuneista miehistötappioista oli aiheutunut sirpaleista ja loput 15% jostain muusta syystä [14]. Kuolemaan johtavat vammat sijaitsevat pääsääntöisesti pään, rintakehän, ja vatsan alueilla [25]. Sirpalevaikutuksen elävään kohteeseen tekee tehokkaaksi esimerkiksi raketinheittimen raketin esisirpalointi siten, että kranaatin kuoren sisäpinnalle on tehty ristikkäinen uritus, jonka seurauksena noin 40 % syntyvistä sirpaleista on 2 - 4 gramman kokoluokkaa, kun taas tavanomaisen tykistön kranaatin syntyvistä sirpaleista noin 50 % on noin 0,5 - 2 gramman kokoluokkaa [22]. Toinen suuri merkittäviä vammoja aiheuttava tekijä on erityisesti Afganistanissa käytettävien improvisoitujen tienvarsipommien aiheuttama

painevaikutus.

Nykyisin käytössä olevat suojaliivit on suunniteltu suojaamaan henkilöä sekä epäsuorantulen sirpaleilta että suoralta kivääricaliiperisen luodin osumalta. Jälkimmäisen toteutuminen edellyttää kuitenkin pääsääntöisesti ylimääräisen suojamateriaalin lisäämistä liivin omien suojiin lisäksi [5]. Suojamateriaalit eivät kuitenkaan saisi hidastaa tai vaikeuttaa sotilaiden ja ajoneuvojen liikkumista. Lisäksi niiden tulisi kestää myös pitkiä iskusarjoja yksittäisten iskujen lisäksi [20]. Tämän vuoksi suojaa antavia materiaaleja sekä varusteita kehitetään jatkuvasti, siten että haluttu suojaustaso säilytetään tai se jopa paranee henkilön tai ajoneuvon liikkuvuuden silti kärsimättä.

## 1.2 Tutkimuskysymykset ja aiheen rajaus

Tutkimuksessa käsitellään kriisinhallintajoukkojen perussuojaa näkökulmasta, jossa liitteen 1 mukaiset kolme ulointa kerrosta ei ole toteutunut, vaan keskitytään ehkäisemään asevaikutuksen aiheuttama läpäisy olemassa olevien vaikutteiden kautta.



Kuva 1 Suojan käsitekartasta muokatut, henkilökohtaiseen suojaan vaikuttavat, päätekijät kaaviokuvana.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on saada aikaan selvitys Afganistanissa ISAF (International Security Assistance Force) -operaatiossa palvelevan suomalaisen kriisinhallintajoukon suojavarusteiden kehittymisestä sekä nykyisellään kriisinhallintajoukkojen käytössä olevien tai lähitulevaisuudessa henkilökohtaiseen käyttöön suunnitelluista suojavarusteista sekä niiden välisistä merkittävimmistä eroista. Samalla pyritään antamaan vastaus edellä mainittujen varusteiden toimivuudesta Afganistanin kaltaisella toimintakentällä ja vastaus kysymykseen onko Afganistanissa palvelevalla kriisinhallintajoukolla riittävät

henkilökohtaiset suojavarusteet.

Sotavarusteissa henkilökohtaisiin suojaa antaviin ballistisiin suojavarusteisiin lasketaan kuuluvaksi luotisuojaliivi, kypärä sekä visiiri ja suojalasit [25] sekä maastopuku, joista tässä tutkimuksessa keskitytään kahteen ensimmäiseen kuvan 1 mukaisen kaaviokuvan kautta.

Tutkimuksessa keskitytään Afganistanissa palvelevan rauhanturvajoukon henkilökohtaisiin suojavarusteisiin sekä niiden valintaan vaikuttaneisiin tekijöihin. Tutkimuksessa myös sivutaan osin Afganistanissa jo käytössä olevan partioajoneuvon, Eteläafrikkalaisen panssaroidun ajoneuvon RG-32:n, passiivista suojausta ja sen vaikutusta ajoneuvossa matkustavan henkilöstön suojaukseen.

Tutkimuksessa yksittäistä taistelijaa tarkastellaan niin kutsuttuna maalialkiona, johon Afganistanissa voi kohdistua kolmenlaisia asevaikutuksia: sirpaleet, luoti tai painevaikutus.

Tutkimus on jaettu viiteen päälukuun. Johdantoa seuraavassa luvussa keskitytään Afganistanin asymmetrisen sodankäynnin yleisimpiin asevaikutuksiin kriisinhallintajoukon sotilaille henkilökohtaisen suojan näkökulmasta. Kolmannessa luvussa tarkastellaan Afganistanissa operaatiossa tällä hetkellä käytössä olevia varusteita ja niiden suojaustasoja. Neljännessä luvussa valotetaan Taistelija 2015 -hankkeen perusteella kehitettyjä ja käyttöön tulevia henkilökohtaisia ballistisia suojavarusteita. Viidennen luvun johtopäätöksissä pureudutaan tutkimuksen otsikon kysymykseen sekä tarkastellaan uusien suojajärjestelmien mukanaan tuomia haasteita ja mahdollisuuksia.

Tutkimuksessa ei tulla ottamaan huomioon puolustusvoimien lähitulevaisuuden kehityslinjoja vallitsevan epäselvän rahallisen tilanteen vuoksi, vaan asioita käsitellään objektiivisesti tarpeen näkökulmasta. Tutkimuksessa painopiste on lukujen kaksi, kolme ja neljä asiakokonaisuuksissa, joiden perusteella johtopäätökset on tehty.

### 1.3 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä on pääasiallisesti kirjallisuusselvitys julkisista lähteistä, jota on toteutettu vertailevan asiakirjatutkimuksen keinoin vaatimusten määrittelyn kautta. Eräissä kohdin asiakirjatietoa on täydennetty asiantuntijalausunnoin Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunnasta.

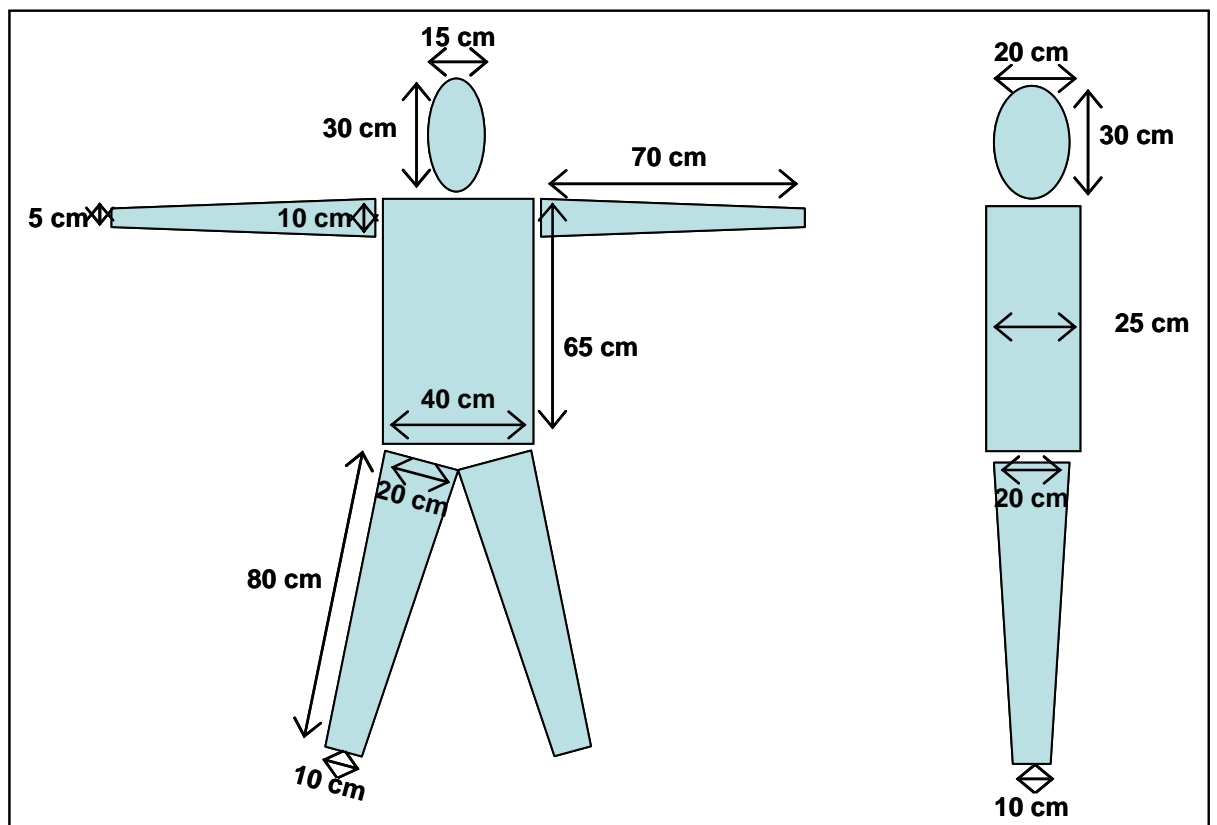
Tutkimuksen näkökulma on tekninen ja aihetta käsitellään eri henkilökohtaisten suojajärjestelmien ominaisuuksien ja toteutusratkaisuiden perusteella sotilaallisesta

näkökulmasta, mutta on huomattava, että pääosa tutkimuksessa mainituista sotilaallisessa käytössä olevasta materiaalista on myös täysin yhtenevä siviiliviranomaisten vastaavien kanssa.

## 2 AFGANISTANIN ASYMMETRISEN SODANKÄYNNIN YLEISIMMÄT ASEVAIKUTUKSET KRIISINHALLINTAJOUKON SOTILAALLE

### 2.1 Asevaikutuksen laskentamalli

Ammusten vaikutus pehmeisiin maaleihin perustuu lähinnä sirpaleisiin, luoteihin ja paineeseen [24]. Kuolemaan johtavat vammat sijaitsevat yleisesti pään, rintakehän ja vatsan alueilla. Tarkasteltaessa yksittäistä taistelijaa maaliolkiona, haavoittuvan pinta-alan kokoon vaikuttaa osumahetkellä taistelijan sen hetkinen asento sekä hänen käyttämänsä suojavarusteet. Pinta-alaan vaikuttaa myös taistelijan profiili asevaikutukseen nähden. Seuraavissa taulukoissa taistelijan mittoina käytetään kadettivääpeli Jari Kielennivan tutkielmassaan [11] laskemaa ihmisen keskimääräistä pinta-alaa, jossa maaliolkio on 175 senttimetriä pitkä ja painaa 75 kilogrammaa.



Kuva 2 Sotilaan kehon alueiden laskennalliset keskitat [11].



Oheisten mittojen perusteella sotilaan ruumiinosille kyetään laskemaan karkeat pinta-alat, jolloin voidaan arvioida taistelijan haavoittuvaa pinta-alaa eri asennoissa.

	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	
Ruumiinosa	Edestä	Sivulta
Pää	0,035	0,047
Kädet	0,11	0,053
Ylävartalo	0,26	0,16
Jalat	0,21	0,12
Kokonaispinta-ala	0,61	0,38

Taulukko 1: Sotilaan haavoittuva pinta-ala [11].

	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	
Asento	Edestä	Sivulta
Polvella	0,30	0,47
Makuulla	0,08	0,38
Ampuma-asento maaten	0,17	0,45

Taulukko 2: Sotilaan pinta-alat eri asennoissa [11].

	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	
Asento	Edestä	Sivulta
Polvella	0,34	0,18
Makuulla	0,20	0,18
Ampuma-asento maaten	0,08	0,18

Taulukko 3: Suojavarusteilla varustetun sotilaan pinta-alat eri asennoissa [11].

Sotilaan, joka on varustettu luotisuojaliiveillä ja kypärällä, haavoittuva pinta-ala asevaikutukselle koostuu kasvojen, käsien ja jalkojen yhteenlasketusta pinta-alasta. Afganistanissa vastustajan iskujen kohteiksi joutuneet, pois lukien ajoneuvoissa olevat, haavoittuneet tai kaatuneet sotilaat ovat poikkeuksetta olleet seisoma-asennossa, jolloin sotilaan asevaikutukselle muodostama pinta-ala on suurin.. Tällöin voidaan taulukkoa hyväksi käyttäen saada sotilaan haavoittuvaksi pinta-alaksi edestä on noin  $0,36 \text{ m}^2$  ja sivusta noin  $0,18 \text{ m}^2$ , eli noin 50 prosenttia etuosan pinta-alasta.

## 2.2 Sirpaleiden vaikutus

Räjähtämällä sirpaloituvan ampumatarvikkeen vaikutusmekanismi perustuu paineeseen ja sirpaleiden liike-energiaan [9]. Sirpaleaseet ovat nykyaikaisessa asymmetrisessä sodankäynnissä erittäin käytetty ase sen aluevaikutteisuutensa vuoksi, sillä jo yhdellä sirpaloituvalla ammuksella tai Afganistanin kaltaisessa asymmetrisessä sodankäynnissä, jossa voimasuhteiltaan heikompi osapuoli käyttää esimerkiksi terrorismia tai tuholaista toiminnan keinoja, joihin vastustaja ei ole välttämättä kyennyt varautumaan.

Kriisinhallintaoperaatioissa tämä korostuu satunnaisina, yllättävinä ja nopeina iskuina jalkaisin tai ajoneuvoin liikkuvia partioita tai jopa kokonaista tukikohtaa vastaan improvisoiduin räjähtein (IED, Improvised Explosive Device), joilla kyetään aiheuttamaan vastustajalle runsaasti tappioita. Tappioita nostavat erityisesti tapa, jolla näitä aseita käytetään, sillä esimerkiksi improvisoitu räjähdde voidaan helposti konstruoida yksityiskohtaisesti tiettyä kohdetta tai tilannetta varten lähes mihin ympäristöön tahansa [37]. Samoin yksittäinen raskaan aseiden kranaatti on helposti asetettavissa Afganistanin kaltaisessa sodanjälkeisessä ympäristössä vaikeasti havaittavaan paikkaan tappioiden maksimoimiseksi.

Improvisoidun räjähteen vaikutus perustuu usein joko sirpale- tai painevaikutukseen. Afganistanin ISAF operaatiossa improvisoitujen räjähteiden käytöstä johtuneet kuolemat vuoden 2001 lokakuusta vuoden 2011 huhtikuuhun ovat yhteensä 1018 kappaletta [6]. Prosentuaalisesti tarkasteltuna tämä on noin 42,2 prosenttia kaikista ISAF operaatiossa kaatuneista (2413 kaatunutta) [6].

Koska räjähteitä Afganistanin kaltaisessa vastustajan iskussa on yleensä vain yksi, voidaan taistelijaa tai partiota vastaan vaikuttava sirpalevaikutus laskea Kenttätykistöopas I osan kranaatin sirpalevaikutuksen kaavaa mukailemalla.

$$P = 1 - e^{-(a/A)} * p$$

Kaava 1: Ammuksen vaikutusala [10]

, jossa  $p$  = yhden laukauksen osumatodennäköisyys

$a$  = ammuksen vaikutusala ( $m^2$ )

$A$  = maalin pinta-ala ( $m^2$ )

Ammuksen vaikutusalalla on ratkaiseva merkitys tappioita laskettaessa. Ammuksen vaikutusalaan vaikuttaa sirpaleitiheys. Sirpaleiden osumatodennäköisyytenä suojattomaan ihmiseen vaaditaan yleensä 50 %:ia, jolloin sirpaleitiheyden on oltava noin 2 sirpaletta /  $m^2$  [21].

Sirpaloitumisessa ammuskuori repeää räjähdyskaasujen paineen vaikutuksesta noin 0,1 – 0,3 millisekunnissa [36] ja syntyy painoltaan noin 0,5 – 100 gramman ja läpimitaltaan noin 2 –3 millimetrin kokoisia suuren, noin 1000 – 1200 metriä sekunnissa (luonnollisesti sirpaloituvat kranaatit) ja 1800 metriä sekunnissa (esisirpaloidut kranaatit), lähtönopeuden omaavia sirpaleita [23].

Sirpaleen pienen koon vuoksi sen liike-energia perustuu ensisijaisesti sen suureen nopeuteen, jolla päästään suurenergiseen vammavaikutukseen. Sirpaleen osuessa kohteeseen sen liike-energia voidaan esittää kaavalla 2.

$$E_k = \frac{1}{2} * m v_0^2$$

Kaava 2: Sirpaleen liike-energia [34].

, missä  $E_k$  = sirpaleen liike-energia (J)

$m$  = sirpaleen massa (kg)

$V_0$  = sirpaleen nopeus osumahetkellä

Läpäistäkseen taistelijan ballistisen suojaliivin ja vaikuttaakseen tehokkaasti suojautumattomaan taistelijaan sirpaleella on oltava vähintään 80 Joulen liike-energia. Huomattavaa on, että ihmisen ihon läpäisyyn tarvitaan ainoastaan 10 Joulen liike-energia. Sirpalekoosta riippuen tämä vastaa 1,5 – 3,0 millimetrin teräslevyn läpäisyä [36]. Taulukossa 4 on esitetty tätä liike-energiaa vastaavat nopeudet ja etäisyydet luonnollisesti sirpaloituville sirpaleille 1200 metriä sekunnissa lähtönopeudella.

Sirpale (g)	Etäisyys (m)	Nopeus (m/s)
0,5	13	560
1	25	400
2	40	280
4	70	200
8	120	140

Taulukko 4: 80 Joulen energiaa vastaavat etäisyydet ja nopeudet luonnolliselle sirpaleelle 1200 metriä sekunnissa lähtönopeudella.

### 2.3 Luotien vaikutus

Sotilaskäsiaseiden luodit ovat tavallisesti teräväkärkisiä niiden ballististen ominaisuuksien parantamiseksi ja erittäin tehokkaita ihmistä vastaan erityisesti lyhyillä ampumaetäisyyksillä. Käsiaseiden aiheuttamat tappiot ovat vähentyneet huomattavasti Afganistanin kaltaisessa asymmetrisessä sodankäynnissä. ISAF-operaation aikana vuodesta 2001 alkaen luotien aiheuttamiin vammoihin on laskentatavasta riippuen kuollut 472 – 645 sotilasta. Prosentuaalisesti tämä tarkoittaa, että noin 19,6 – 26,7 prosenttia kaikista kaatuneista (2413 kaatunutta) on kuollut luotien aiheuttamiin vammoihin [6]. Suurin osa luoteihin kaatuneista on saanut suoran osuman päähän tai raajoihin siten, että verenvuotoa ei ole kyetty tyrehdyttämään tai luoti on osunut esimerkiksi kohteen kylkeen, jonka alueelle luotisuojaliivi ei anna täyttä suojaa.

Ballistiset suojaliivit suunnitellaan ja valmistetaan vain tiettyyn suojaustasoon asti, minkä vuoksi ne eivät suojaa kaikilta luodeilta ja sirpaleilta paitsi ballistisen suojalevyn kohdalta. Koska luodin lävistys tapahtuu harvoin kohtisuorasti liiviä vasten, epäsymmetrinen kuormitus pyrkii kaatamaan luodin ennen sen osumista kudokseen. Näin ollen sen aiheuttama kudostuho on aina suurempi kuin ilman liiviä [9].

Erilaiset tekijät vaikuttavat luodin läpäisevyyteen eri kehonosien alueella. Tärkeä tekijä on luodin nopeus osuma hetkellä. Esimerkiksi 13,5 grammaa painava projektiili tarvitsee vain 37,5 metriä sekunnissa nopeutta läpäistäkseen ihon, 60 metriä sekunnissa läpäistäkseen luun ja 50 – 100 metriä sekunnissa läpäistäkseen rintakehän tai vatsanpeitteet [22]. Kudokseen osuessaan nopea luoti synnyttää siihen isku- eli shokkiaallon, jonka etenemisnopeus

kudoksissa on jopa 1500 metriä sekunnissa ja joka voi vaurioittaa kudosta kaukanakin luodin kulkureitiltä [36]. Luodin liike-energian aiheuttama iskuvaikutus ihmiseen voidaan laskea kaavan 2 mukaisesti.

Taulukon 5 mukaan luodin läpäisyominaisuuksiin vaikuttaa lähtönopeuden, painon ja poikkipinta-alan lisäksi myös luodin rakenne. Tavallisimmin käytetyt luodit ovat lyijysydämiä kokovaippaluoteja, joiden läpäisykykyä on parannettu muotoilun avulla. Luoti, jonka ydin ja vaippa ovat pehmeää ainetta, muotoutuu sienimäiseksi törmätessään suojamateriaaliin. Tällöin luodin läpäisykyky heikkenee merkittävästi luodin äkillisestä poikkipinta-alan kasvusta johtuen.

Patruuna	Luodin massa (g)	$V_0$ (m/s)	$E_0$ (J)	$W$ (J/mm <sup>2</sup> )	Läpäisy (mm)
5,45x39 (venäl)	3,44	900	1 390	60	-
5,56x45 (SS109)	3,95	930	1 710	70	7
7,62x51 (SS71)	9,3	837	3 260	70	6
7,62x39 (S309)	8,04	715	2 050	45	5
7,62x39 (pssy)	7,6	730	2 030	45	12
7,62x51 (FFV AP)	8,2	950	3 700	81	15

Taulukko 5: Eräiden patruuna- ja luotityyppien ominaisuudet ja läpäisykyky panssariteräkseen [22].

Paremmen läpäisyn saavuttamiseksi kuparivaippaisten lyijyluotien vaippa voidaan korvata esimerkiksi teräksellä, jolloin luotien iskeytyessä kohteeseen ne eivät muuta muotoaan niin merkittävästi ja luoti läpäisee esimerkiksi suojaliivin paremmin. Alikaliiperi- ja panssariluodit ovat läpäisyominaisuuksiltaan tavallista luotia huomattavasti paremmat ja ne on suunniteltu läpäisemään kevyesti panssaroidut kohteet [22]. Panssariluideissa on kovametallisydän, esimerkiksi volframikarbidi, jonka muotoilu ja massa ovat kyseiseen kaliiberiin tarkoitettuun luotiin optimaalinen. Tällaiset luodit kykenevät läpäisemään noin 10 – 15 millimetriä panssariterästä 90 asteen iskukulmilla jopa 1000 metrin etäisyydelle saakka [24].

Mikäli luoti tai sirpale pysähtyy suojaliiviin, voi kohteena oleva henkilö silti loukkaantua, sillä suuri osa luodin tai sirpaleen liike-energiasta siirtyy ihmiseen aiheuttaen painevammoja

tai kiihtyvyyssrasituksia. Vaikka painantaelvytyksessä ihmisen rintakehää voidaan painaa usein sisään yli 50 millimetriä ilman fataaleja seuraamuksia, on huomioitava, että luodin iskunopeus on huomattavasti suurempi, kuin käsin tehtävän painalluksen.

## 2.4 Paine-, impulssimelu- ja täryvaikutus

ISAF-operaatiossa toimivaan sotilaaseen kohdistuva paine-, tai täryvaikutus on yleisimmin peräisin kranaatin, miinan tai improvisoidun räjähteen räjähdyksestä. Ammusten ja räjähdysten painevaikutus kohteeseen muodostuu neljästä osatekijästä. Primäärivaikutuksena havaitaan pelkkä painevaihtelu, sekundäärisenä vaikutuksena on esineiden sinkoutuminen kohteeseen, tertiäärisenä vaikutuksena kohteen sinkoutuminen ja neljäntenä muut sekalaiset vaikutukset, kuten hapen puute ympäristössä, myrkylliset räjähdyskaasut sekä likaava pöly ja noki. Elävää voimaa vastaan aseiden ja ammusten teho perustuu lähinnä sekundäärivaikutukseen, eli ilmassa lentäviin kappaleisiin [21].

Kranaatti- tai maamiinaräjähdysten suora paineaalto on lyhytkestoinen, lähietäisyydellä alle kaksi millisekuntia kestävä. Esteeseen törmätessään suora aalto heijastuu ja samalla vahvistuu. Aalto etenee myös kiinteässä aineessa, esimerkiksi seinän tai maan läpi [22].

Paineaallon ensimmäisessä vaiheessa syntyy ylipaine, joka voi olla jopa tuhatkertainen normaaliin ilmanpaineeseen verrattuna. Ylipaineen jälkeen seuraa lievää ja pitkäkestoisempi alipainevaihe [36]. Jos ylipaineen vahingoittavana alaraja-arvona pidetään 100 kilopascaliala, esimerkiksi 122 – 155 millimetrin tykistöammuksilla vammautumista aiheuttava alue ulottuu neljästä kuuteen metrin päähän ja yhdellä kilogrammalla TNT:a kolmen metrin etäisyydellä räjähdyspisteestä. Vastaavasti 200 kilogramman TNT-räjähteen tappava vaikutus ulottuu yli 10 metriin [22][21].

Panssaroidussa ajoneuvossa oleva henkilöstö voi altistua esimerkiksi miinaan ajettaessa tai ontelopanoksen osuessa ajoneuvoon ylipaineen vaikutuksille alttiiksi. Onteloammuksilla voidaan saavuttaa liki puoli sekuntia kestävä 200 kilopascalin kammiopaineen kaltainen ylipaine, joka riippuu muun muassa ajoneuvon tiiveydestä [36]. Edellä mainitun suuruinen ylipaine on lääketieteessä raja-arvo keuhko- ja suolistovaurioille [22].

Painevaikutus vaurioittaa herkästi myös kuulo- ja tasapainoelimiä, joille vaarattomana kertaluontoisena paineiskun ylärajana pidetään kolmea kilopascaliala eli 164 desibeliä. Kuulovauriot syntyvät osittain akustisen energian, melun, ja osittain paineiskun vaikutuksena [36].

Tällaisesta äkillisestä räjähdysten tai laukausmelun aiheuttamasta paineen vaihtelusta käytetään termiä impulssimelu, joka voidaan laskea kaavalla 3.

$$L_p = 20 * \log_{10} (p/p_0)$$

Kaava 3: Impulssimelun laskentakaava

, jossa  $L_p$  = impulssimelutaso (dB)

$p$  = maksimipaine (Pa)

$p_0 = 20\mu\text{Pa}$  = vertailupaine

Ajoneuvoon kohdistuva paineisku altistaa ajoneuvossa olevan henkilöstön myös täryvaikutukselle, jolloin iskun energia välittyy ajoneuvon rakenteita pitkin suoraan ajoneuvon henkilöstöön tai heidän suojarustukseen. Mikäli suojarusteet tai niiden osat eivät ota iskua vastaan voi seurauksena olla kiihtyvyys- ja painerasituksia, jotka voivat rikkoa luita ja kudoksia tai vaurioittaa sisäelimiä. Taistelijan päähän kohdistuva yli kolme millisekuntia kestävä ja yli 8 G:n suuruinen kiihtyvyysrasitus voi aiheuttaa aivovamman [36].

### **3 SUOMALAISILLA KRIISINHALLINTAJOUKKOILLA KÄYTÖSSÄ OLEVAT HENKILÖKOHTAISTA SUOJAA ANTAVAT VARUSTEET**

#### **3.1 Johdanto**

Suomalaisten liittyttyä Afganistanin rauhanturvaoperaatioon vuonna 2002 operaatio varustettiin pääosin kalustolla ja varusteilla, jotka olivat tarkoitettu Suomen kansalliseen puolustukseen. Operaation luonteen muututtua rauhanturvaoperaatiosta kriisinhallintaoperaatioksi ja toiminnan painopisteen muututtua Pohjois-Afganistaniin sekä useat alueilla tapahtuneet pommi-iskut ja hyökkäykset kriisinhallintajoukkoja vastaan nostivat esiin tarpeen myös paremmalle suojarustukselle [12]. Tehtyjen tutkimusten mukaan suojaamalla elintärkeät elimet henkilökohtaisilla ballistisilla suojaimeilla voidaan kuolleisuutta vähentää noin 60 % ja vaikeasti vammautumista noin 30 % [25].

Afganistanin kriisinhallintaoperaatiossa toimivan henkilöstön henkilökohtaisiin suojaantaviin ballistisiin suojarusteisiin kuuluu luotisuojaliivi, kypärä sekä visiiri ja suojalasit [25], joista seuraavissa alaluvuissa käsitellään kahta ensimmäistä.

### 3.2 Luotisuojaliivit

Yksittäisen taistelijan on kyettävä luottamaan varusteisiinsa sekä niiden tarjoamaan suojaan ja suorituskyykyyn. Afganistanissa käytössä olevat luotisuojaliivit on tarkoitettu suojamaan taistelijaa ensisijaisesti luodeilta ja toissijaisesti kranaatin sirpaleilta. Yleisin käsiaseissa käytetty luoti on lyijy-ytiminen, joka aina osuessaan muuttaa samalla muotoaan. Luotisuojaliivin ei ole tarkoitus suojata käyttäjäänsä poikkeuttamalla luotia tai sirpaleita suunnastaan, vaan yksittäiset materiaalikerrokset, esim. aramidikangas, hidastavat luodin nopeutta ”tarttumalla” luotiin ja näin pakottavat sen jakamaan energiansa suuremmalle alalle [3]. Tällaisesta toimintaperiaatteesta käytetään nimeä progressiivinen vaimennus. Materiaalin pysäyttävää vaikutusta voidaan tehostaa asettamalla liivin rinta- ja selkäosaan ballistiset suojalevyt, jolloin se pysäyttää useimmat käytössä olevat luodit, pois lukien alikaliiperi- ja panssariluodit, ennen luodin tunkeutumista kehoon. Vaikka liivit onnistuisivatkin pysäyttämään luodin, useimmiten luodin kohteeseen aiheuttama isku-energia on tarpeeksi suuri murtamaan kylkiluita tai pahimmillaan aiheuttamaan vakavia sisäisiä vaurioita [36].

Aramidit ovat yleisnimitys aromaattisille polyamideille, jotka tunnetaan paremmin kauppanimillä Kevlar (Du Pont) ja Twaron (Akzo). Aramidikuiduilla on iskun läpäisyn kestosta huolimatta myös tiettyjä heikkouksia, joita pyritään poistamaan kuitujen kehityksen yhteydessä. Yksi merkittävä heikkous aramidikuidun ultraviolettisäteilyn kesto, jonka on kokeellisesti havaittu heikentävän sen lujuusominaisuuksia pahimmillaan jopa 70 prosenttia. Myös kosteussuojaamaton aramidikangasrakenteiden suojaustaso on noin 40 prosenttia pienempi kuin vastaavan kuivan rakenteen [13]. Tämän vuoksi kaikki Suomessakin käytössä olevien luotisuojaliivien aramidikuitukankaat on kosteussuojattu.

Sekä puolustusvoimien että kriisinhallintajoukoissa palvelevan henkilöstön luotisuojaliivien on täytettävä nykyään kansainvälisen standardin, NIJ Standard-0101.06, mukaiset vaatimukset. Tämän mukaisesti luotisuojaliivit luokitellaan viiteen luokkaan luotityyppien ja nopeuksien mukaan [12]. Luotisuojaliivin vaatimuksena on läpäisemättömyys ja sisäpuolen painauma saa olla mallivahalla mitattuna korkeintaan 44 millimetriä. NIJ Standard-0101.06 suojausluokissa II-A, II ja III-A käytetään viiden metrin ampumaetäisyyttä ja luokissa III ja IV 15 metrin ampumaetäisyyttä [1][16].

Tähän standardiin perustuen tavanomaisten suojaliivien (ei ballistisia suojalevyjä) suojaustason tulee olla IIIA (pl. .44 Magnum luoti).



Suojausluokka	Luoti	Luodin paino / ruudin määrä	Lähtönopeus	Iskuenergia (J)
<b>II-A</b>	9 m FMJ RN	8,0 g 124 g	373 m/s	557
	40 S&W FMJ	11,7 g 180 g	352 m/s	725
<b>II</b>	9 mm FMJ RN	8,0 g 124 g	398 m/s	634
	357 Mag JSP	10,2 g 158 g	436 m/s	969
<b>III-A</b>	9 mm FMJ RN	8,1 g 124 g	448 m/s	813
	44 Mag SHJP	15,6 g 240 g	436 m/s	1483
<b>III</b>	7.62 mm NATO FMJ	9,6 g 148 g	847 m/s	3444
<b>IV</b>	.30 cal M2 AP	10,8 g 166 g	878 m/s	4163

Taulukko 6: Ballistic Resistance of Personal Body Armor, NIJ Standard-0101.06, July 2008 mukaiset luotisuojaliivien suojaustasot [16]

### 3.2.1 Luotisuojaliivi m/05

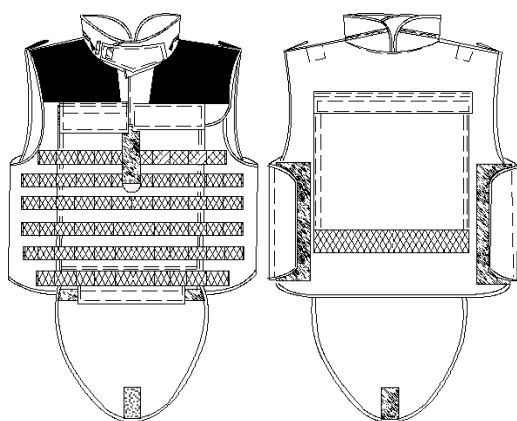
Hankittaessa luotisuojaliivi m/05 noudatettiin periaatetta, jossa liivien tulee olla käytettävissä sekä kansallisilla joukoilla että kriisinhallintaoperaatioissa olevilla joukoilla ja jonka ballististen suojalevyjen suojaustason tulee olla NIJ Standard-0101.04, June 2001, mukaisesti tasoa III-A (pois lukien 44 Magnum luoti) [15]. Näiden kriteereiden perusteella hankittiin suojaliivi m/05, joka on hankintahinnaltaan ja huoltokustannuksiltaan edullinen ja tarkoitettu erityisesti kenttäjoukoille [12].

Luotisuojaliivi m/05 on tarkoitettu suojaamaan taistelijaa luodeilta ja se koostuu viidestä osasta: etu- ja takakappale, kaulus, alasuojat sekä erilliset irroitettavat olkavarren suojat. Etukappale on yhdistetty selkäkappaleeseen kiinteästi toiselta olkapäältä. Liivi peittää hyvin koko keskivartalon sekä suojaa sukupuolielimiä. Lisäksi liiviin etukappaleessa on nauhoitus varusteliivin taskuja varten.

Suojaliivissä m/05 suojapaneelit koostuvat päällekkäisistä aramidikangaskerroksista, jotka

tikataan aramidi-langalla tarvittaessa yhteen siten, että edellä mainittu suojaustaso III-A saavutetaan. Liivin suojaustasoa voidaan nostaa sijoittamalla liivin edessä ja takana oleviin taskuihin ballistiset suojalevyt, jolloin suojaus nousee tasoon IV [32]. Lisäksi liivi täyttää hyvin sille asetetut vaatimukset IR-alueen heijastuksista. Heijastusarvot ovat liitteessä 2.

Vaikka suojaliivi m/05 suojaustaso täyttää vaaditut standardit, kriisinhallintaoperaatioissa toimivilta joukoilta saadun palautteen mukaan sen koettiin olevan hankala käyttää muun muassa käsien rajoittuneen liikkuvuuden ja materiaalin jäykkyyden takia [12].



Kuva 3 Luotisuojaliivi m/05

### 3.3 Kypärä

Nykyaikaisissa sotilaskypärissä komposiittimateriaalit ovat syrjäyttäneet teräksen. Kypärän tarkoitus taistelukentällä on suojata käyttäjäänsä pieniltä sirpaleilta sekä vähintään pistoolikaliiperisilta luodeilta. Kivääricaliiperin luodeilta suojaavan kypärän valmistaminen on hankalaa, sillä suojauksen lisääminen nostaa kypärän painoa, joka yhdessä kypärään osuvan lentävän projektiilin iskuenergiasta välittyvän voiman kanssa aiheuttaa vammautumiseen johtavia raskaita vammoja kaularankaan [9].

Käytössä olevan kypärän on täytettävä NIJ Standard 0106.01 mukaiset vaatimukset, jossa kypärät luokitellaan kolmeen luokkaan luotityyppien ja nopeuksien mukaan [17].

Kypärän luokka	Luoti	Luodin paino / ruudin määrä	Lähtönopeus	Iskuenergia (J)
<b>I</b>	22LRHV Lead	2,6 g 50 g	320+/-12 m/s	123-145
	38 Special RN Lead	10,2 g 158 g	259+/-15 m/s	304-383
<b>II-A</b>	357 Magnum JSP	10,2 g 158 g	381+/-15 m/s	683-800
	9 mm FMJ RN	8,0 g 124 g	332+/-15m/s	402-482
<b>II</b>	357 Magnum JSP	10,2 g 158 g	425+/-15m/s	857-987
	9 mm FMJ RN	8,0 g 124 g	358+/-15m/s	471-557

Taulukko 7: NIJ Standards for Ballistic Helmets, NIJ Standard 0106.01 mukaiset kypärien suojausluokat [17]

### 3.3.1 Kypärä m/05

Kypärä m/05 on tarkoitettu suojaamaan taistelijaa sirpaleilta ja luodeilta erilaisissa taistelutilanteissa. Kypärä koostuu kolmesta osasta: ballistinen kuori, sisäosa ja leukahihnasto. Kypärän suojaus perustuu jäykkään aramidikuiduista ja fenolihartsista valmistettuun kuitukomposiittiin, joka valmistetaan sideaineilla käsitellyistä kangaskerroksista lämmön ja paineen avulla. Kypärän m/05 paino koosta riippuen on 1000 – 1200 grammaa +/- 50 grammaa.

Kypärän sirpaleen kesto on standardin STANAG 2920ed2 (Standardisation Agreement 2920 Edition 2) mukaisesti 1,1 gramman sirpaleella  $V_{50}$  arvolla ilmaistuna 580 metriä sekunnissa. Nopeudella 530 metriä sekunnissa +/-10 metriä sekunnissa nopeudella osuvan sirpaleen aiheuttama maksimipullistuma kypärässä on alle 25 millimetriä [26].

Kypärän luodin kesto on NIJ Standard 0106.01 mukainen, jonka mukaisesti kypärä pysäyttää 50 metrin etäisyydeltä ammuttavan 7,5 grammaa painavan 9 millimetrin Para FMJ-luodin nopeudella 420 metriä sekunnissa [30] [17].

Kypärä on myös sinappikaasun sekä yleisimpien liuottimien kestävä.



Kuva 4 Kypärä m/05

### 3.4 Panssaroitujen ajoneuvojen vaikutus henkilökohtaiseen suojaan

Panssaroitu ajoneuvo on kuljetettavien matkustajien tai tavaroiden suojeluun tarkoitettu ajoneuvo, joka on panssarointi- ja luodinkestävyysvaatimusten mukainen. Afganistanissa tällä hetkellä pääsääntöisesti käytössä olevien ajoneuvojen, Sisu XA-185-sarjan, suoja henkilöstölle perustuu panssarointiin, joka pysäyttää 30 metrin etäisyydeltä ammutun rynnäkkökiväärin lyijysydämisen luodin sekä antaa sirpalesuojan 100 metrin etäisyydellä räjähtävästä 155 millimetrin tykistökranaatin sirpaleilta STANAG 4569:n mukaisesti [27].

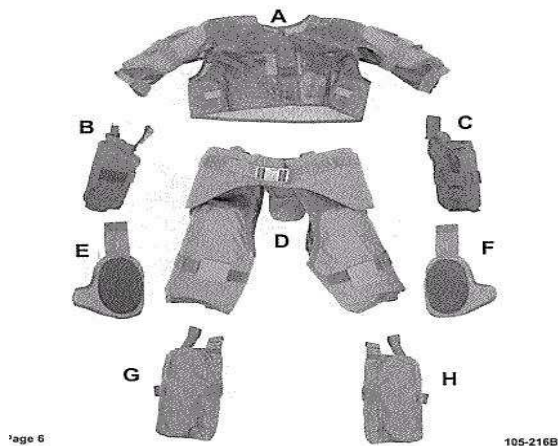
Tällä hetkellä useimmat Afganistanin operaatiossa käytössä olevat ajoneuvot on luoti- ja sirpalesuojattu koko rungoltaan myös katosta ja osassa on myös miinasuoja ajoneuvon pohjassa. Sen sijaan suuren räjähdysainemäärän läheltä antamaa paineiskua ajoneuvon sisällä matkustavat ihmiset tai sen aiheuttamaa kiihtyvyyttä heidän kehonsa eivät välttämättä kestä [37], sillä tällainen paineisku saa aikaan äkillisen ja voimakkaan tärähdyksen, mutta ei välttämättä puhkaise ajoneuvon runkoa. Tällaisesta äkillisestä paineennoususta ajoneuvon sisällä käytetään nimitystä kammiopaine. Kammiopainetta voidaan kuitenkin vähentää rakentamalla tiiviimpiä ajoneuvoja, jolloin räjähdyksessä syntyvä paine ei pääse tunkeutumaan ajoneuvon sisään.

Määräavimpänä tekijänä ajoneuvojen käytettävyydessä on kuitenkin tuli ja liike sekä niiden mahdollistaminen ilman ajoneuvon painon merkittävää nousua. Ajoneuvoissa ei myöskään ole niin sanottua aktiivista suojajärjestelmää kineettisen iskun torjumiseen. Ajoneuvoissa voi olla kuitenkin jälkiasennuksena passiivisena suojajärjestelmänä esimerkiksi lisäpanssarointi tai Spall-Liner –materiaali [35].

# 4 AFGANISTANISSA PALVELEVAN HENKILÖSTÖN HENKILÖKOHTAISTEN SUOJAJÄRJESTELMIEN KEHITTYMINEN

## 4.1 Henkilökohtaiset suojavarusteet

Vuonna 1986 käynnistettiin sotilasvaatetuksen kehittämissuunnitelma, koska käytössä ollut varustus ei antanut niin hyvää suojaa ja taistelunkestävyyttä kuin ajanmukaisella olosuhteisiin suunnitellulla varustuksella voitaisiin saavuttaa. Hankkeen tuloksena lähes koko käytössä ollut varustus uusittiin ja lisäksi kehitettiin aivan uusia varusteita, kuten nyt jo kaikkien käytössä olevat sirpale- ja luotisuojaliivit [9]. Osaltaan tämän hankkeen aikaansaamien tulosten ansiosta vastaavia hankkeita on käynnistetty useita, joista meneillään olevat konkretisoituvat valmiiksi 1-sukupolven taistelijan järjestelmiksi vuoteen 2015 mennessä [25]. Yksi osa tätä meneillään olevaa hanketta on luotisuojaliivien sekä uuden kypäräjärjestelmän kehitys ja integroiminen osaksi muita taistelijan järjestelmiä [12]. Hankkeeseen liittyen Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta on hankkinut uusia, kuvan 5 mukaisia, myös sääret suojaavia ballistisia varusteita, jotka antavat kattavamman suojan erityisesti sirpaleilta [2].



Kuva 5 IDAS [2]

## 4.2 Luotisuojaliivi m/2010

Meneillään olevan Taistelija 2015 hankkeen ja osittain Afganistanissa palvelevan kriisinhallintajoukon palautteen perusteella tehtiin päätös kehittää henkilökohtaisia suojavarusteita vastaamaan paremmin kriisinhallintaoperaation lisääntyneeseen suojan tarpeeseen. Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunnan johtamana hankittiin luotisuojaliivi

m/2010, joka on ollut Afganistanissa palvelevan kriisinhallintahenkilöstön käytössä vuodesta 2010 [12].

Vaatimuksena oli luotisuojaliivi, joka on rakenteeltaan modulaarinen ja se suojaa kaulaa, rintakehää, olkapäitä, kylkiä sekä selkää sirpaleilta, luodeilta ja puukon iskuilta suojaustason ollessa NIJ Standard-0101.06 mukaisesti tasoa IV. Luotisuojaliivi m/2010 koostuu luotisuojaliivi m/05 mukaisesti viidestä erillisestä irroitettavasta osasta, jolloin liivi kyetään, tarpeen niin vaatiessa, riisumaan henkilön yltä nopeasti edessä sijaitsevasta pika-aukaisuvaijerista vetämällä. Luotisuojaliiviä m/2010 käytetään taistelijan henkilökohtaisena suojarusteena erikoisjoukkojen taistelu- ja tiedustelutehtävissä sekä kriisinhallintatehtävissä.

Suurin ero luotisuojaliiviin m/05 on sen modulaarisuus ja siitä voidaan muodostaa kolme eri suojaustason liiviä. Tärkeimpänä erona aikaisempaan on myös sen antama 360 asteen suoja parannetun muotoilun, kylkiin lisättävien keraamisten levyjen sekä kaulasuojan ansiosta. Liikkuvuutta luotisuojaliivissä on parannettu kaventamalla liivin leveyttä sekä rinnan että kylkien kohdalta.



Kuva 6 Suojaliivi 2010

Liivin kaikissa osissa suojaus on suojaustasoa III-A NIJ Standard-0101.06 mukaan, joka saavutetaan pehmeillä suojapaneeleilla. Liivin pistosuojauksessa 15 Joulen iskuenergialla läpäisy saa olla enintään 20 millimetriä pehmeiden paneelien kanssa. Suojaustasolla III ja IV piikki tai puukko ei läpäise liiviä inhimillisin voimin.

Suojataso III saavutetaan lisäämällä etu- ja takaosaan sekä sivuille lisälevyt. Suojaustasoon IV päästään lisäämällä etu- ja takaosaan sekä sivuille keraamiset lisälevyt, jotka suomalaisella kriisinhallintajoukolla on tällä hetkellä käytössään. Tämän lisäksi liivi täyttää hyvin sille

asetetut vaatimukset IR-alueen heijastuksista. Heijastusarvot ovat liitteessä 2. [31]

### 4.3 Kypärä m/2010

Kypärän muodon ja niissä käytettävien materiaalien kehittyminen tulee parantamaan niiden kestävyyttä tulevaisuudessa. Samalla kypäristä saadaan enemmän käyttäjäystävällisempiä.

Sekä Afganistanissa palveleville kriisinhallintajoukoille että Utin Jääkärirykmentin erikoisjääkäreille ollaan hankkimassa Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunnan Taistelija 2015 hankkeella uutta kypärää (Kypärä 2010), jonka tarkoituksena on korvata joukoilla käytössä oleva kypärä m/05.



Kuva 7 Kypärä 2010

Kypärä 2010 on Yhdysvaltalaisen Ops-Coren valmistama ja täyttää NIJ Standard 01.06.01 vaatimukset, jonka mukaisesti kypärä pysäyttää 50 metrin etäisyydeltä ammuttavan 7,5 grammaa painavan 9 millimetrin Para FMJ-luodin nopeudella 420 metriä sekunnissa. Kypärän käytettävyyttä lisää sen modulaarisuus ja monipuoliset varusteet.

Samoin kuin kypärällä m/05 kypärällä m/2010 sirpaleen kesto on standardin STANAG 2920e mukaisesti 1,1 gramman sirpaleella  $V_{50}$  arvolla ilmaistuna 580 metriä sekunnissa. Kypärän paino on koosta riippuen 1000-1300 grammaa eli lähes sama, kuin kypärällä m/05, mutta paremman muotoilun sekä kiinnitysjärjestelmän ansiosta kypärä tuntuu käyttäjälleen huomattavasti kevyemmältä. [33] [12]

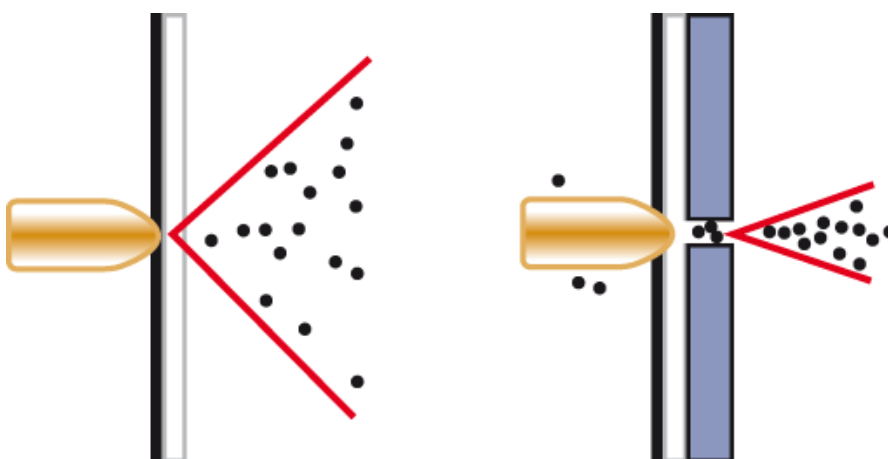
Kypäräjärjestelmä on suunniteltu vapauttamaan käsiä ja parantamaan kuulo- ja näköhavaintoja. Pimeänäkölaiteteline sekä sivuilla olevat tarvikekiskot mahdollistavat kypärän käytön erilaisten laitteiden alustana. Näitä ovat muun muassa kohdevalo sekä kypärän päälle kiinnitettävä omatunnistus valo. Kypärään on asennettavissa erilliset ballistiset



korvasuojat sekä niskasuoja, jotka antavat lähes saman ballistisen suojan kuin itse kypärä. Kypärä on myös ilmastoitu, mikä helpottaa toimintaa kuumissa olosuhteissa, kuten Afganistanissa [18].

#### 4.4 Ajoneuvojen ballistisen suojauksen kehittäminen Afganistanissa

Toimintaolosuhteiden merkittävä muuttuminen Afganistanissa on muuttamassa myös ajoneuvokantaa. Samalla jo käytössä olevia ajoneuvoja vahvistetaan. Esimerkiksi Sisu XA-185 -sarjan panssarointia on vahvistettu ballistisin lisäsuojalevyin ja ajoneuvon sisäpinnat on käsitelty Spall-Liner -materiaalilla, jonka estää tai vähentää pinnan läpäisyn jälkeen syntyvien sekundäärisirpaleiden pääsemisen ajoneuvon rungon sisäpuolelle, erityisesti matkustamotilaan. Spall-Liner -materiaali on muotoiltavaa ja se voidaan kiinnittää myös ajoneuvon ulkopuolelle.



Kuva 8 Spall Liner -materiaalin toimintaperiaate [4]

Puolustusvoimat on hankkinut myös 25 kappaletta Etelä-Afrikkalaisia RG32 -ajoneuvoja, joista 6 kappaletta on tällä hetkellä Afganistanissa. RG-32 -ajoneuvon etuihin kuuluu sen keveys ja liikkuvuus suojan ja aseistuksen ollessa silti parempi kuin Sisu XA-185 -sarjassa. Puolustusvoimien Teknillisen Tutkimuslaitoksen RG-32 -ajoneuvolle suorittamien testien [19] mukaan ajoneuvon suojaustaso katon osalta on STANAG 4569 mukaisesti suojaustasoa 1 ja kyljet suojaustasoa 2, joka antaa suojan 30 metrin etäisyydeltä ammutun rynnäkkökiväärin panssariluodilta sekä 80 metrin etäisyydellä räjähtävältä 155 millimetrin tykistökranaatilta. Parantuneesta suojauksesta huolimatta ajoneuvon henkilöstö on edelleen altis ajoneuvon suuntautuvien räjähdysten painevaikutukselle, jota pyritään parantamaan tiivistämällä ajoneuvoja painevaikutuksen sisään pääsemisen estämiseksi.



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhä enenevässä määrin sotien ja aseellisten kriisien kuva on muuttumassa asymmetriseen sodankäynnin muotoon, jossa voimasuhteiltaan heikompi osapuoli käyttää esimerkiksi terrorismia tai tuholaistoiminnan keinoja, joihin vastustaja ei ole välttämättä kyennyt varautumaan.

Kriisinhallintaoperaatioissa tämä korostuu satunnaisina, yllättävinä ja nopeina iskuina jalkaisin tai ajoneuvoin liikkuvia partioita tai jopa kokonaista tukikohtaa vastaan improvisoiduin räjähtein tai suoraan aseellisin iskuin.

Tällaisen muuttuneen sodankuvan myötä suojaruuvareiden kehitys on lähtenyt merkittävän nousuun ja esimerkiksi suomalaisten kriisinhallintajoukkojen ruuvareet Afganistanissa ovat parantuneet merkittävästi ISAF-operaation alkuun verrattuna Taistelija 2015 -hankeen ja siihen liittyvien suojaruuvareiden integroimisen ansiosta.

### 5.1 Henkilökohtaiset suojaruuvareet

Sotilaan vaatetus- ja suojaruuvareiden suunnitteluun on kiinnitettävä huomiota myös tulevaisuudessa, jotta ne palvelisivat käyttötarkoitustaan erilaisissa tehtävissä. Kriisitilanteiden muuttuessa yhä enenevässä määrin asymmetrisen sodankäynnin suuntaan korostuvat sotilaiden hyvä liikkuvuus sekä ruuvareiden toimivuus. Tämä voidaan toteuttaa hankkimalla sotilaan muuhun ruuvareeseen yhteensopivia integroituja ja modulaarisia suojaruuvareita, joilla voidaan parantaa sotilaan liikkuvuutta ja suorituskykyä ballistisen suojauksen silti kärsimättä. Ruuvareita hankittaessa ei lieneäkään enää järkevää hankkia ainoastaan kansalliseen puolustukseen tarkoitettuja ruuvareita, vaan ruuvareita, jotka sopivat myös kansainväliseen toimintaympäristöön ruuvareita vain hieman muuttamalla.

Ballististen suojaruuvareiden kehittymisen myötä on erittäin todennäköistä, että tulevaisuuden aseellisissa konflikteissa taistelijoiden vamma-profiili muuttuu merkittävästi aikaisempiin tilastoihin verrattuna. Nykyaikaisilla, jo osittain integroiduilla, ballistisilla suojaruuvareilla erityisesti sirpaleiden aiheuttamia haavoittumisia voidaan vähentää noin 30 prosenttia ja kuolemia jopa 60 prosenttia. Koska suojaruuvareiden tulee mahdollistaa käyttäjälleen mahdollisimman hyvä suoja liikkuvuutta silti rajoittamatta, lieneekin todennäköistä, että tulevaisuudessa merkittävä osa haavoittuneista on juuri raajoihin vammautuneita, sillä pään, selän ja rintakehän alue on Afganistanissa suomalaisten käyttöön suunnitelluilla ruuvareilla erittäin hyvin suojattu. On kuitenkin syytä panostaa myös alaraajojen suojaukseen.

Sotilaan varusteiden osalta kypärään tullaan integroimaan tai kiinnittämään teknisiä laitteita myös tulevaisuudessa sekä kypärän luotisuojasta pyrittäneen myös parantamaan, jolloin vaarana on kypärän painon lisääntyminen. Tämä kuitenkin rasittaa liiaksi käyttäjän kaularankaa etenkin iskusta kaularankaan välittyvien voimien takia, jolloin kypärän materiaaleja tulee tulevaisuudessa kehittää parempaan suojaustasoon kypärän samalla ollessa riittävän kevyt.

Afganistanissa palvelevalla suomalaisella kriisinhallintajoukolla on tällä hetkellä käytössään uusimman NIJ Standard 0101.06:n mukaiset kansainvälistä suojaustasoa IV olevat ballistiset luotisuojaliivit sekä NIJ Standard 0106.01:n mukainen kansainväliset vaatimukset täyttävä kypäräjärjestelmä, jotka yhdessä antavat käyttäjälleen täyden 360 asteen suojauksen asevaikutukselta.

## 5.2 Ajoneuvojen suojajärjestelmät

Samoin kuin henkilökohtaisten suojajärjestelmien kehittämisessä, ajoneuvot ovat kehittyneet ballistisen suojauksen osalta merkittävästi. Suojatasoa on pystytty nostamaan merkittävästi liikkuvuuden ja painon silti kärsimättä. Tästä hyvänä esimerkkinä on alustavasti kriisinhallintajoukoille hankittu Eteläafrikkalainen panssaroitu ajoneuvo RG-32, joka antaa osittain paremman suojan kuin nyt käytössä oleva Sisu XA-185 -sarjan ajoneuvot.

Uusien ajoneuvojen hankkiminen ei silti kuitenkaan poista tarvetta tällä hetkellä käytössä olevilta ajoneuvoilta, vaan niiden suojaustasoa voidaan parantaa uusien helposti muotoiltavien ballististen materiaalien avulla. Ajoneuvoista voidaan myös tehdä entistä turvallisempia käyttäjilleen rakentamalla niistä entistä tiiviimpiä painevaikutuksen pienentämiseksi rungon sisäpuolella.

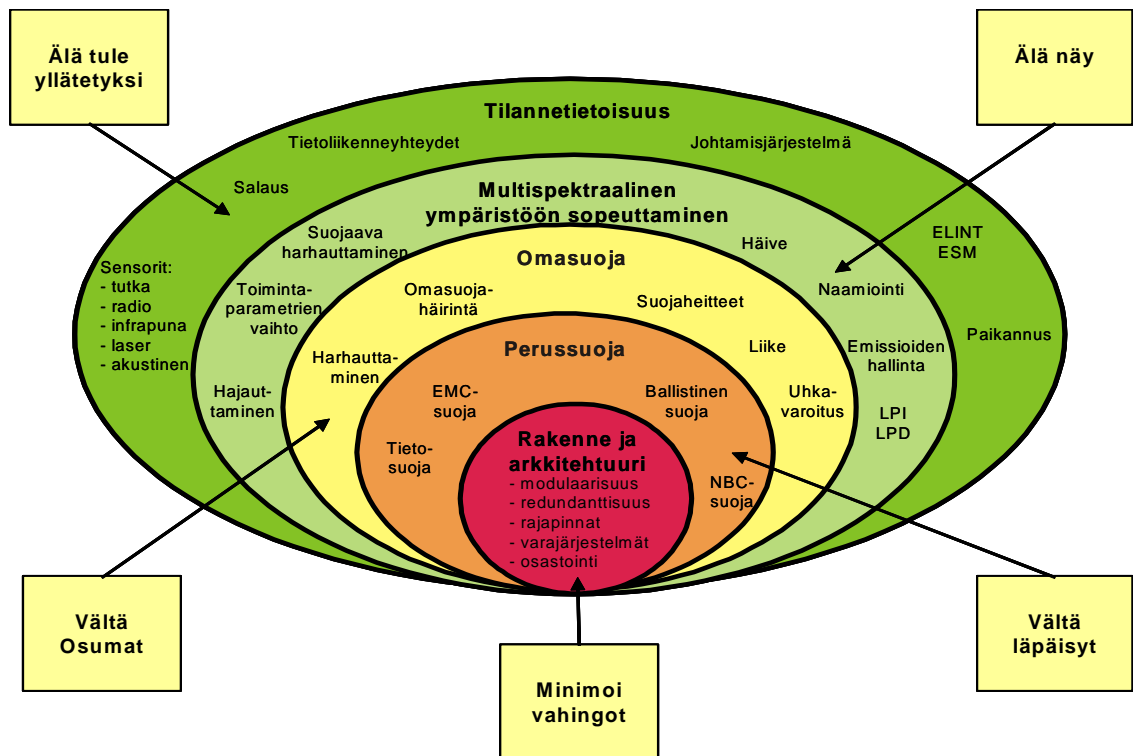
## TUTKIELMAN LÄHDELUETTELO

- [1] Anttonen Hannu – Vuori Erkki. Sotilasvaatetus ja sen kehittäminen. Pääesikunnan Materiaalihallinto-osasto ja Oulun aluetyöterveyslaitos. Ykkös-Offset Oy. Vaasa 1995.
- [2] Ballististen suojavaarusteiden tekninen hyväksyntä. Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta, Järjestelmäosasto, HF211/24.2.2011.
- [3] <http://fi.wikipedia.org/wiki/Suojaliivi> (4.3.2011).
- [4] <http://fibrolux.com/de/main/gfk-systeme/ballistische-platten/spall-liner/> (4.3.2011).
- [5] <http://www.armsweapons.com/armour/the-history-of-body-armor/> (10.3.2011).
- [6] <http://www.icasualties.org/OEF/Index.aspx> (20.4.2011).
- [7] Iltalehti 15.2.2011.
- [8] Iltalehti 23.5.2007.
- [9] Kaisanlahti Jyri. Taistelija 2010 – Valmiusyhtymien Taistelijoiden varusteiden ja vaatetuksen kehittäminen. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki 2000. Tutkielma Y2246k1.
- [10] Kenttätukikistööpas I osa (KtOpas I) Ampumaoppi. Pääesikunnan koulutusosasto, Pieksämäki 1990.
- [11] Kielenniva Jari. Tarkkuuskiväärin maalianalyysi ja käyttöympäristö. Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki 1999. Tutkielma K345.
- [12] Kivelä Marja, Suoja- ja liikkuvuusosasto, Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta – Haastattelu 21.2.2011, Tampere. Muistiinpanot tekijän hallussa.
- [13] Laine Ilkka. Ballistisen iskun energia-absorptio kuitukangasrakenteissa. Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Sähkötekniikan osasto. Diplomityö heinäkuu 1999.
- [14] M. Mohr: Twaron in ballistics. Akzo Aramid Fibers. 1992.
- [15] NIJ Standard – 0101.04, June 2001 – Materiaali tekijän hallussa.
- [16] NIJ Standard – 0101.06, July 2008 – Materiaali tekijän hallussa.
- [17] NIJ Standard – 0106.01, December 1981 – Materiaali tekijän hallussa.

- [18] OPS-Core FAST (Futeru Assault Shell Technology) kypäräjärjestelmä IIIA NIJ-STD-0106.01.
- [19] Panssaroidun ajoneuvon RG-32 ballistiset tutkimukset. Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, AH1935/24.1.2011.
- [20] Ruotuväki 08/2009.
- [21] Saarelainen Tapio. Taistelija 2020 – jalkaväen kärkitaistelija. Maasotakoulu, Tekniikan julkaisusarja, tutkimuksia 1/2007. Lappeenranta 2007.
- [22] Salonen Lasse (toim.). Sotilaan suoja ja sen läpäiseminen. Puolustusvoimien Tutkimuskeskus julkaisu A/9/1996. Ylöjärvi 1996.
- [23] STAE 1993, osa 1. Sotatekninen arvio ja ennuste 1993.
- [24] STAE 2025, osa 1, teknologian kehitys. Sotatekninen arvio ja ennuste 2025. Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, Ylöjärvi 2008.
- [25] STAE 2025, osa 2, puolustusjärjestelmien kehitys. Sotatekninen arvio ja ennuste 2025. Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, Ylöjärvi 2008.
- [26] STANAG 2920ed2, Ballistic test method for personal armour materials and combat clothing, 31 Jylu 2003.
- [27] STANAG 4569, Protection levels for occupants of logistic and light armoured vehicles, 24 May 2004.
- [28] Suojan integraatio, SUOINT – TP 1.2, M.004, Lauri J. Kangas, Puolustusvoimien Teknillinen Tutkimuslaitos, muistio – Materiaali tekijän hallussa.
- [29] Tekninen spesifikaatio, sp1110A, kypärä, erikj/pe, Järjestelmäosasto, Liikkuvuus ja suoja-ala, Suojasektori Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta, 20.11.2010.
- [30] Tekninen spesifikaatio, sp1162A, 8470 - 458 - 7449, kypärä, komposiitti-/m05, Talousvarikko, 25.10.2001.
- [31] Tekninen spesifikaatio, sp2110, suojaliivi, luoti-/2010, Järjestelmäosasto, Liikkuvuus ja suoja-ala, Suojasektori Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta, 14.1.2011.
- [32] Tekninen spesifikaatio, sp2161, 8470 - 482 - 4201, suojaliivi, luoti-/m05, Suoja- ja liikkuvuusosasto, Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta, 26.5.2010.
- [33] Test report FAST helmet HB26, Liite 3 MAAVMATLE ak:aan HG493/2010 (LUOTTAMUKSELLINEN) – Materiaali tekijän hallussa.

- [34] Todennäköisyys- ja ampumaopin perusteet. Pääesikunnan koulutusosasto. Helsinki 1984.
- [35] Tukkimies Heidi, Suoja- ja liikkuvuusosasto, Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta – Haastattelu 21.2.2011, Tampere. Muistiinpanot tekijän hallussa.
- [36] Yleinen ase- ja asejärjestelmäopas. Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala 2001.
- [37] Yli-Perttula Lauri. Langattomasti etälaukaistavien improvisoitujen räjähteiden elektroniset vastatoimet. Tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu. Helsinki 2010.

# SUOJAN KÄSITEKARTTA SIPULIN MUODOSSA [28]



**LUOTISUOJALIIVIN M/05 JA M/2010 IR-ALUEEN  
HEIJASTUSARVOT**

Heijastusarvot aallonpituusalueella 750 - 2500 nanometriä ovat seuraavat:

nm	VIHREÄ		HIEKKA	
	minimi	maksimi	minimi	maksimi
750	20,0	35,0	30,0	50,0
800	20,0	35,0	30,0	50,0
900	20,0	35,0	30,0	50,0
1000	19,7	34,8	35,0	55,0
1100	19,3	34,3	35,0	55,0
1200	18,2	33,2	35,0	55,0
1300	16	31,0	35,0	55,0
1400				
1500				
1600	9,2	24,2	35,0	55,0
1700	7,5	22,4	30,0	50,0
1800	6,1	20,8	30,0	50,0
1900				
2000				
2100	3,5	16,7	25,0	45,0
2200	2,5	15,0	25,0	45,0
2300	1,5	13,5	15,0	35,0
2400	0,7	12,0	15,0	35,0
2500	0	11,0	15,0	35,0

IR - heijastusvaatimukset eivät koske YK:n sinistä väriä.

Luotisuojaliivi m/2010 aallonpituusalueen 750 – 1200 nanometrin heijastusarvot ovat ehdottomia vaatimuksia. Loput arvoista ovat suosituksia.